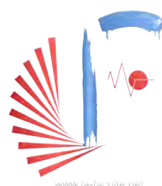
In the name of Allah, the Most Gracious, the Most Merciful











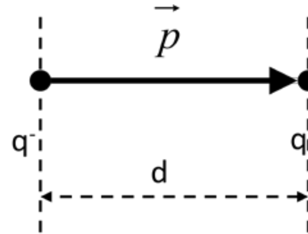


Chapitre 3: Dipôle électrique.

3.1 Définition. L'ensemble de deux charges ponctuelles de mêmes valeurs, de nature différentes, et séparées par une distance très faible, définit un dipôle électrique. (q^- = -q et q^+ = +q)

Il est noté   appelé moment dipolaire, caractérisé par:

- L'origine du vecteur moment dipolaire est toujours la charge négative, à l'inverse de la chimie.
- Le sens du vecteur est orienté vers la charge positive.
- Le moment dipolaire est définit par : $\vec{p} = q \times \vec{d}$



3.2 Influence du dipôle électrique sur le milieu extérieur

3.2.1 Définition. Un dipôle électrique est dit isolé s'il n'est pas influencé par le milieu extérieur.

3.2.2 Potentiel électrique généré par un dipôle isolé. Comme dans le cas des charges ponctuelles, on détermine le potentiel électrique produit par les deux charges en un point **M** de l'espace.

$$V_M = k\frac{q}{r_2} - k\frac{q}{r_1} = k \times q \times \left(\frac{r_1 - r_2}{r_1 \times r_2}\right)$$

Déterminons l'expression du potentiel électrique en fonction de la distance OM=r et de l'angle θ.

Lorsque la distance d décroît (   )

La distance r_1 se rapproche de la distance r et r_2 se rapproche aussi de la distance r.

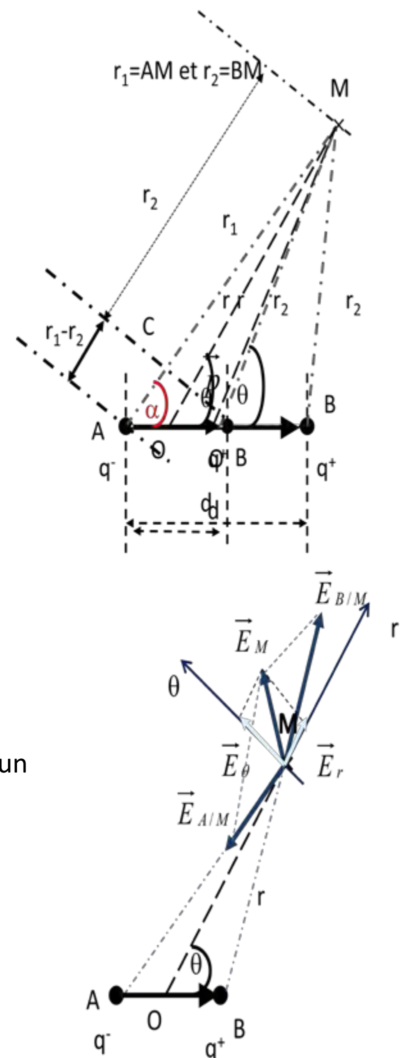
Donc le produit $\mathbf{r_1 \times r_2 = r^2}$**:**

Maintenant dans le triangle ABC l'angle α se rapproche l'angle θ et l'angle Ĉ de 90˚.

$$\cos(\alpha) = \frac{\overline{AC}}{\overline{AB}} = \frac{r_1 - r_2}{d} \Rightarrow (r_1 - r_2) = d \times \cos(\alpha)$$

$$(r_1 - r_2) = d \times \cos(\theta)$$

$$V_M = K\frac{p \times \cos(\theta)}{r^2}$$



3.2.3 Champ électrique généré par un dipôle isolé.

Pour déterminer l'expression du champ électrique généré par le dipôle électrique en un point M de l'espace, on utilise la relation entre le potentiel électrique et le champ.

$$\vec{E} = -\overrightarrow{grad}(V)$$

$$\vec{E}_M = \vec{E}_{A/M} + \vec{E}_{B/M} = \vec{E}_r + \vec{E}_\theta$$

La composante radiale est définie par: $\vec{E}_r = -\frac{dV}{dr} = +2 \times k \times |\vec{p}| \times \frac{\cos(\theta)}{r^3} \vec{u}_r$

La composante tangentielle est définie par: $\vec{E}_\theta = -\frac{dV}{r \times d\theta} = k \times |\vec{p}| \times \frac{\sin(\theta)}{r^3} \vec{u}_\theta$

Connaissant les deux composantes, on peut déduire le champ électrique généré par le dipôle électrique en tout point de l'espace. $\vec{E}_M = \vec{E}_r + \vec{E}_\theta \Rightarrow |\vec{E}_M| = \sqrt{|\vec{E}_r|^2 + |\vec{E}_\theta|^2}$

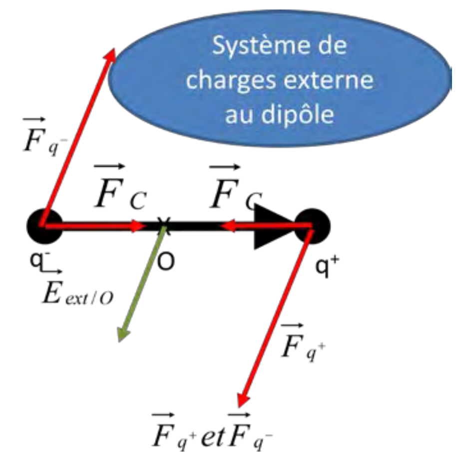
3.2.4. Exercice: déterminer les expressions du potentiel ainsi que les composantes du champ dans les cas particuliers ou θ=0˚, θ=90˚ et θ=180˚

3.3 Influence d'un champ électrique externe sur l'orientation du dipôle.

3.3.1 Définition: Un dipôle électrique est dit non isolé s'il est influencé par un champ électrique extérieur.

3.3.2 Forces électriques appliquées au dipôle non isolé.

En plus des deux forces d'attraction de coulomb, il existe deux autres forces qui sont dues au champ électrique extérieur.



$\vec{F}_{q^+}$ Est la force appliquée sur la charge q⁺, elle est définie par $\vec{F}_{q^+} = q^+ \times \vec{E}_{ext/O}$ orientée dans le même sens que celui du champ externe car $q^+ \rangle 0$.

$\vec{F}_{q^-}$ Est la force appliquée sur la charge q⁻, elle est définie par $\vec{F}_{q^-} = q^- \times \vec{E}_{ext/O}$ orientée dans le sens opposé que celui du champ externe car $q^- \langle 0$.

Les deux forces précédentes, $\vec{F}_{q^+} et \vec{F}_{q^-}$ changent l'orientation du dipôle électrique.

3.3.3 Moment du couple de forces appliquées au dipôle électrique.

Les deux forces précédentes génèrent un moment du couple qui fait changer l'orientation du dipôle électrique.

C'est une grandeur vectorielle définie par le Produit vectoriel : $\vec{M} = \vec{p} \wedge \vec{E}_{ext}$

Remarque:

- le moment du couple est toujours orienté perpendiculairement au plan des deux forces externes.
- Si le dipôle tourne dans le sens des aiguilles d'une montre, le moment du couple est dit rentrant.
- Sinon il est dit sortant.
- Le module du moment du couple est donné par: $|\vec{M}| = |\vec{p}| \times |\vec{E}|_{ext} \times \sin(\theta)$.
- L'angle θ est l'angle formé entre l'orientation du dipôle et celle du champ extérieur.

3.3.4 Énergie d'un dipôle électrique non isolé. Elle est définie par le produit scalaire du moment dipolaire, par le champ électrique externe.

3.3.5 Orientations particulières.

Il existe deux orientations particulières du moment dipolaire par rapport au champ électrique externe.

- Si le moment dipolaire est orienté parallèlement au champ électrique externe et dans le même sens (θ = 0), il est dit en équilibre stable.
  - Le moment du couple des forces est nul.
  - L'énergie potentielle du dipôle électrique est minimale.
- Si le moment dipolaire est orienté parallèlement au champ électrique externe et dans le sens opposé de celui du moment dipolaire (θ = 180˚), il est dit en équilibre instable.

- Le moment du couple des forces est nul. L'énergie potentielle du dipôle électrique est maximale.



3.4 Travail des forces électrostatiques appliquées au dipôle.

Le travail des forces électrostatiques appliquées à un dipôle électrique est calculé de la même manière que dans le cas des charges ponctuelles. $W_{\theta_{initial}\rightarrow\theta_{final}} = -\Delta EP = -(Ep_{\theta_{final}} - Ep_{\theta_{initial}})$